

1. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. – М: Стройиздат, 1985. – 367 с.

2. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М: Техносфера, 2006. – 400 с.

3. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.

4. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. – М: ГП ЦПП, 1996.

5. Погорелова М. Кондиционирование: региональное «ассорти» // Property times. – 2006. – №6. – С.24-26.

Получено 26.03.2007

УДК 656.02 : 628.01

В.П.ПРОТОПОПОВА, Е.С.АРХИПОВА, канд. физ.-матем. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОПТИМАЛЬНОСТЬ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ВИДЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Рассматривается надежность энергетической сети, представляющей собой две дублирующие линии с перемычками (мостами). Каждая из линий состоит из двух участков с различными характеристиками. Исследование на экстремум математической модели данной схемы показало, что система имеет максимальную надежность при равных характеристиках элементов сети. Числовой эксперимент для двух конструкций (системы из двух дублирующих линий с перемычками и системы из трех дублирующих линий) свидетельствует, что надежности этих систем равны, а это дает основание сделать выбор в пользу более экономичной конструкции из двух дублирующих линий с перемычками.

В связи с возрастающим значением энергетики в экономике назрела необходимость создания единого методологического подхода к исследованию надежности различных специализированных систем энергетики. На актуальность этой проблемы указано в работе [1]. По мере формирования и развития систем энергетики (СЭ) создавался и совершенствовался методический и математический аппарат для исследования и обеспечения их надежности. Специфические особенности СЭ не только выделяют эти системы в некоторый самостоятельный класс объектов (с позиций исследования и обеспечения их надежности), но и характеризуют общность свойств технологически различных СЭ (как различных трубопроводных СЭ [2, 3], так и электроэнергетических систем), позволяющих говорить о создании теории надежности именно СЭ.

Целью настоящей работы является исследование СЭ на надежность, состоящей из двух дублирующих друг друга линий, связанных между собой перемычками, и математическое обоснование оптимального выбора варианта ее структуры.

Ограничимся частным случаем системы с одним мостом. Расчетная схема такой системы приведена на рис.1.

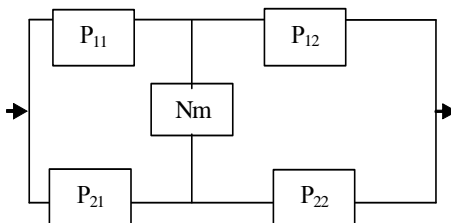


Рис.1 – Пример СЭ с одним мостовым соединением

Введем обозначения: A – событие, которое заключается в работоспособности системы в течение некоторого периода времени T ; P_{ik} – вероятность безотказной работы k -го элемента на j -й линии на протяжении периода времени T , где $j = 1, 2; k = 1, 2$; N_m – вероятность безотказной работы моста на протяжении периода времени T .

Примем гипотезы: B_1 – мост работает, $P(B_1) = N_m$; B_2 – мост не работает, $P(B_2) = 1 - N_m$:

$$P(A|B_1) = (1 - (1 - p_{11})(1 - p_{21}))(1 - (1 - p_{12})(1 - p_{22})); \quad (1)$$

$$P(A|B_2) = 1 - (1 - p_{11}p_{12})(1 - p_{21}p_{22}). \quad (2)$$

Определены условные вероятности события A в предположении, что осуществилась та или иная гипотеза.

Вероятность безотказной работы системы равна

$$P(A) = P(A|B_1)P(B_1) + P(A|B_2)P(B_2) \Rightarrow$$

$$P(A) = (1 - (1 - p_{11})(1 - p_{21}))(1 - (1 - p_{12})(1 - p_{22})) \cdot N_m + (1 - (1 - p_{11}p_{12})(1 - p_{21}p_{22}))(1 - N_m). \quad (3)$$

Положим $p_{11} = \alpha \cdot p_1$, $p_{12} = p_1 / \alpha$, $p_{21} = \alpha \cdot p_2$, $p_{22} = p_2 / \alpha$ или $p_{11} \cdot p_{12} = p_1^2$, $p_{21} \cdot p_{22} = p_2^2$.

Отсюда:

$$P(A) = (1 - (1 - \alpha p_1)(1 - \alpha p_2)) \left(1 - \left(1 - \frac{p_1}{\alpha} \right) \left(1 - \frac{p_2}{\alpha} \right) \right) \cdot N_m + (1 - (1 - p_1^2)(1 - p_2^2))(1 - N_m). \quad (4)$$

После несложных преобразований получим:

$P(A) = -p_1 \cdot p_2 (p_1 + p_2) N_m (\alpha + 1/\alpha) + C$,
 где $C = 2N_m \cdot p_1 \cdot p_2 (1 + p_1 \cdot p_2) + p_1^2 + p_2^2 - p_1^2 \cdot p_2^2$; $P(A)$ – функция параметра α .

Из необходимого условия экстремума функции надежности находим: $\frac{\partial P(A)}{\partial \alpha} = -p_1 \cdot p_2 \cdot (p_1 + p_2) N_m \left(1 - \frac{1}{\alpha^2}\right) = 0 \Rightarrow \alpha = 1$ – стационарная точка.

Так как $\frac{\partial^2 P(A)}{\partial \alpha^2} = \frac{-2p_1 \cdot p_2 \cdot (p_1 + p_2) N_m}{\alpha^3} < 0$, имеем максимум при $\alpha=1$, что соответствует условию: $p_{11} = p_{12} = p_1$ и $p_{21} = p_{22} = p_2$.

Таким образом, при равной надежности элементов функция надежности всей системы имеет максимум, т.е. система является оптимальной.

Приведем примеры расчета (в среде “МАРИЕ-9”) системы (рис.2) с тремя элементами и двумя мостами при исходных данных:

1) $p_{11}=p_{21}=0,9$; $p_{12}=p_{22}=0,8$; $p_{13}=p_{23}=0,7$; $Pm_1=Pm_2=0,9$; $P(A)=0,7656$;

2) $p_{11}=p_{21}=p_{12}=p_{22}=p_{13}=p_{23}=0,756$; $Pm_1=Pm_2=0,9$; $P(A)=0,8614$.

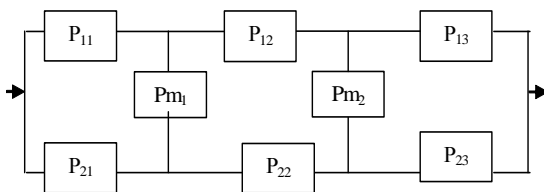


Рис.2 – Пример СЭ с двумя мостовым соединениями

Во втором примере надежности элементов равны между собой и равны среднему геометрическому надежностей элементов данных в первом примере. Из расчета видно, что при равных характеристиках, надежность системы больше, что согласуется с теорией.

Выполнены также расчеты двух систем на надежность: 1) системы в виде двух дублирующих линий с тремя мостами (рис.3); 2) системы в виде трех дублирующих линий без мостов (рис.4).

1) $p_{11}=p_{21}=p_{12}=p_{22}=p_{13}=p_{23}=p_{14}=p_{24}=0,8$;
 $Pm_1=Pm_2=Pm_3=0,9$. $P(A)=0,809$;

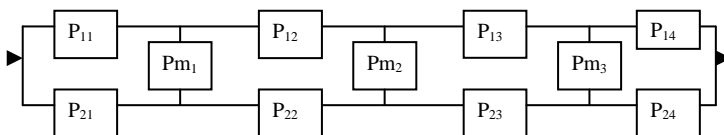


Рис.3 – Пример СЭ с тремя мостовым соединениями

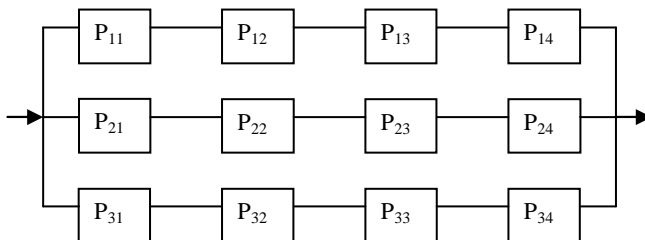


Рис.4 – Пример СЭ с тремя дублирующими линиями

2) $p_{11}=p_{21}=p_{12}=p_{22}=p_{13}=p_{23}=p_{14}=p_{24}=0,8$; $P(A)=0,7942$.

Результаты расчета показали, что надежности рассмотренных систем практически одинаковы, что указывает на экономическую предпочтительность системы в виде двух дублирующих линий с мостами в сравнении с системой с тремя дублирующими линиями.

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Теоретически и в виде числового эксперимента показано, что система из двух дублирующих линий с мостами имеет максимальную надежность при равных характеристиках отдельных элементов сети.

2. Проведенный числовой эксперимент и сравнительный анализ результатов расчета для двух конструкций: а) в виде двух дублирующих линий с мостами; б) трех дублирующих линий без мостов – показал, что надежности систем практически одинаковы. Очевидно, рассмотренная конструкция в виде двух дублирующих линий с перемычками оптимальна, так как является экономически более выгодной.

Предложенный метод можно применить для практического обоснования выбора структуры магистральных трубопроводов с наименьшими экономическими затратами при проектировании и реконструкции трубопроводных систем.

1. Руденко Ю.Н., Ушаков И.А. Надежность систем энергетики. – М.: Наука, 1986. – 251 с.

2.Рудь И.А. Расчет надежности технических систем с мостовым соединением элементов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.20. – К.: Техніка, 1999. – С.37-42.

3.Гавриленко И.А., Передерий Т.С., Самойленко Н.И. Повышение надежности функционирования магистрального трубопровода // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.72. – К.: Техніка, 2006. – С.193-200.

Получено 20.03.2007

УДК 621.3.016.45

В.М.КОВАЛЬОВ, канд. техн. наук, В.М.ГАРЯЖА, Д.О.БІЛОХА

Харківська національна академія міського господарства

ШВИДКОДІЮЧИЙ ОПТИМАЛЬНИЙ ОДНОФАЗНИЙ КОМПЕНСАТОР

Розглядаються питання швидкодіючої компенсації реактивної потужності в мережах з несинусоїдальними режимами шляхом застосування тиристорних компенсаторів реактивної потужності. Представлений удосконалений принцип керування тиристорним компенсатором.

З метою компенсації реактивної потужності швидкозмінного навантаження в світі широко застосовуються тиристорні компенсатори реактивної потужності (ТКРП). Основною перевагою ТКРП над традиційними засобами компенсації є можливість швидкої та плавної зміни генерованої чи споживаної реактивної потужності. Елементом, що забезпечує швидке і плавне регулювання, є фазокерований реактор (ФР), схема якого – це послідовне з'єднання реактора та двонапрявленого тиристорного ключа (рис.1). Регулювання реактивної потужності ФР здійснюється шляхом зміни кута керування тиристорів системою керування (СК).

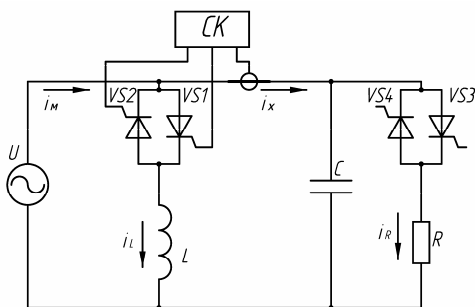


Рис.1 – Схема ТКРП з навантаженням

У сучасних електричних мережах, для яких характерні швидкозмінні навантаження типу дугових сталеплавильних печей, тиристор-